E/CONF.39/A/325
2 Nov.1962
ORIGINAL : RUSSIAN

КОНФЕРЕНЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ
ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ МЕНЕЕ РАЗВИТЫХ РАЙОНОВ

ПУНКТ ПОВЕСТКИ ДНЯ: A.3.2.2 СССР

К РАСЧЕТУ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ГОРНЫХ РЕК

Составил С. Г. РУСТАМОВ,
Доктор географических наук, профессор,
/Институт географии АН Азербайджанской ССР/

Документы, составленные для Конференции Организации Объединенных Наций по вопросу о применении научных и технических знаний для удовлетворения потребностей менее развитых районов, служат в качестве рабочих документов для этой Конференции. Они опубликованы в том виде, в каком были представлены их составителями, и их содержимое и выраженные в них мнения принадлежат их составителям (см. примечания на оборотной стороне).

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Документы, включенные в число материалов, принятых для обсуждения на общих сессиях, будут в распоряжении делегатов Конференции на следующих официальных языках Организации Объединенных Наций: русском, английском, испанском и французском.

2. Документы, включенные в число материалов, принятых для обсуждения на специализированных сессиях, будут в распоряжении делегатов Конференции только на одном из этих официальных языков.

3. Резюме всех документов в том виде, в каком они были представлены их составителями, будут в распоряжении делегатов Конференции на следующих официальных языках Организации Объединенных Наций: русском, английском, испанском и французском.

4. До открытия Конференции документы и резюме не будут выпущены для общего распространения. Они будут опубликованы заблаговременно только в ограниченном числе экземпляров и исключительно для правительственных делегаций и других правомочных участников. Последующие опубликование и рассылка трудов Конференции будут обеспечены в соответствии с практикой Организации Объединенных Наций, как это установлено ее Издательским комитетом.

К РАСЧЕТУ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ГОРНЫХ РЕК

С.Г.РУСТАМОВ

доктор географических наук, профессор
/Институт географии АН Азербайджанской ССР/

Проблема расчета максимальных расходов, в частности дождевых паводков, является наиболее важной проблемой как в практическом, так и в теоретическом отношении.

Формирование максимальных расходов происходит в сложных условиях и зависит от множества факторов.

На реках Азербайджана максимальные расходы являются следствием интенсивного снеготаяния и выпадения ливневых осадков. Анализ внутригодового распределения стока показал, что реки вследствие неоднородности питания имеют различный режим. Основной сток здесь проходит в теплую часть года, за исключением Ленкоранской природной области, составляя 60-80% годового объема. Доля участия снеговых и дождевых вод в формировании и прохождении максимального стока в условиях горных стран зависит, главным образом, от высотного расположения водосборов. Это происходит вследствие как неоднородности природных условий, так и климата, изменяющегося с высотой местности. Например, реки с высокорасположенными водосборами, берущие начало высоко в горах /свыше 2500-3000 м/ в верховьях питаются в основном талыми водами снегов и имеют один максимум /летом/ и один минимум /зимой/ в году. По мере уменьшения высоты водосбора появляются дополнительные факторы /дожди и подземные воды/, влияющие на режим реки, в результате чего наблюдаются два максимума - весной и осенью, причем роль снегового питания порой отходит на второе место. Эти особенности питания рек, формирующие максимальные расходы, обусловливают два типа рек:

1/ реки с весенне-летним половодьем
2/ реки с весенне-летними паводками.

Первая группа охватывает реки с высокорасположенными, а вторая с низкорасположенными водосборами.

Снежный покров является одним из главных факторов, формирующих весенне-летнее половодье на реках первой группы. В области формирования стока на высотах выше 1500-2000 м первый снег выпадает в октябре, ноябре, а устойчивый покров держится с декабря до конца апреля - середины мая.

Лишь на самых больших высотах /свыше 3000 м/ снежный покров держится до конца июня, июля. Интенсивное повышение температуры воздуха от февраля к марту создает условия массового таяния снежного покрова. Снег сходит обычно неравномерно. Средние высоты обнажаются раньше, так как благоприятные термические условия здесь наступают быстрее.

Показателем начала интенсивного снеготаяния, а, следовательно, и весеннего половодья, служат средние даты начала увеличения расходов воды в реках, наблюдающиеся во второй половине марта. Интенсивное снеготаяние на более высоких отметках начинается в конце апреля-начале мая.

Наибольшие уровни и расход воды весенне-летнего половодья проходит в мае-июне. В этот период наблюдается выпадение ливневых осадков, вызывающих формирование мощных паводков и обусловливающих максимальные расходы воды. Таким образом мощные паводки, а, следовательн, и их расходы обязаны происхождением ливням. Периоды весеннего половодья и летних паводков переплетаются и на гидрографе точные границы этих двух фаз установить трудно, тек как весеннее половодье генетически превращается в весенне-летнее. Дожди являются главным фактором, формирующим паводки на реках второй группы. В виду того, что наибольшие высоты бассейнов на реках с низкорасположенными водосборами едва достигают 2500 м, снежный покров в общем питании этих рек имеет небольшое значение. Обычно, вследствие раннего наступления весеннего потепления, снежный покров тает в марте, начале апреля. Влага от снеготаяния почти полностью просачивается в грунт и увеличивает запасы подземных вод. Дожди, выпадающие в период май-июль, формируют быстропроходящие паводки /в количестве 7-10 за сезон/, которые и составляют главный сток рек.

В отличие от рек первой группы паводки, проходящие здесь иногда превращаются в селевые потоки, выносящие в огромном количестве твердый материал.

Из приведенного анализа очевидно,что максимальные расходы обеих групп формируются за счет ливневых осадков.

Особое внимание вопросам происхождения и формирования паводков уделяет М.А.Великанов. Еще в 1931 году он дал строгий гидромеханический анализ процесса стекания ливневых вод, на основе которого в дальнейшем строились детальные расчеты ливневого стока для любого замыкающего створа вообще и максимального его расхода в частности. Развитие этого вопроса получило дальнейшее освещение в работе М.И.Львовича /1940/ "Процессы формирования паводков", в которой на основе теории изохрон стока показан механизм формирования паводков и даны принципы их предвычисления.

Значительная работа по методике расчета максимальных расходов паводков в СССР в дальнейшем были выполнены Д.Л.Соколовским, Г.А.Алексеевым, С.Н.Крицким и М.Ф.Менкелем, В.Г.Андриановым, Н.Д.Антоновым и др.

Расчетные величины максимальных расходов заданной обеспеченности при наличии гидрометрических наблюдений, за период не менее 15-30 лет / в зависимости от величины коэффициента вариации / = 0.30-1.00, как известно, определяются по теоретическим кривым обеспеченности или по районным эмпирическим формулам. При применении этих методов, качество исходных данных приобретает доминирующее значение. К сожалению не всегда для решения отдельных практических задач располагаем гидрометрическими данными в нужном для расчета объёме. Поэтому часто приходится прибегать к поиску подходящего метода расчета.

Большинство существующих формул расчета включают в себе или в отдельности, или же в обобщенной форме разные параметры.

От точности и правильности подбора этих параметров зависят и конечные результаты расчетных величин максимальных расходов.

Наиболее мощные паводки на всех горных реках средних географических широт формируются также за счет ливневых осадков. В связи с этим при применении тех или иных методов расчета, учет максимальной интенсивности силы ливня /S/, для горных рек приобретает первостепенное значение.

В настоящей статье рассматриваются лишь ливневые параметры максимальных расходов, являющиеся наименее изученными во всех горных странах.

Стационарное наблюдение над ливнями по плювиографам в Азербайджанской ССР началось после 1936 года. В настоящее время число пунктов, производивших наблюдение над ливнями, составляют 25. Продолжительность наблюдения не везде одинакова. К сожалению также отсутствуют беспрерывность наблюдений, что значительно осложняет выявление особенностей режима ливней. Вместе с тем, накопленные материалы позволяют в значительной мере уточнить современные наши представления о ливнях. Мы нисколько не сомневаемся, что такое положение присуще и другим горным странам.

Обработка материалов плювиографов производилась независимо от числа лет наблюдения. Записи плювиографов обрабатывались только по характерным /переломным/ точкам. Дополнительная обработка записей дождей по равным часовым интервалам не производилась, так как обработка по характерным точкам полностью отображает кривую хода дождя. Отбор ливней, подлежащих дальнейшей обработке производился в соответствии с нормами Э.Ю.Берга, опубликованными в его работе "О ливнях и обильных дождях в Европейской России" /Петербург, 1905/.

Обычно средняя интенсивность дождя /i_T/ и слои осадков /H_T/ за наиболее интенсивную часть дождя продолжительностью мин. вычисляется по формуле.

$$i_T = \frac{S}{(T+1)^{2/3}} \text{ мм/мин}$$

$$H_T = iT = \frac{ST}{(T+1)^{2/3}} \approx ST^{1/3} \text{ мм} \ldots (1)$$

или при исчислении T в часах

$$H_T = S(60T)^{1/3} \text{ мм} \ldots . (2)$$

Максимальная интенсивность дождя повторяемостью один раз в N лет выражается формулой:

$$S = A + B \lg N$$

где A и B - ливневые параметры.

Физический смысл этих параметров различен:

A - представляет собой общий ливневой коэффициент,

B - коэффициент, выражающий повторяемость ливней в данном районе.

В практике гидрологических расчетов в СССР для установления зависимости между интенсивностью ливня, продолжительностью и повторяемостью широко применяется формула

$$i = \frac{A + B \lg N}{t^n} \ldots (3)$$

где i - наибольшая средняя интенсивность ливня в мм/мин, выпадающих один раз в N лет,

t - продолжительность ливня в минутах,

n - показатель степени, равный тангенсу угла наклона прямой,

характеризующий ряд ливней по их интенсивности и продолжительности, изображенный в логарифмической сетке и вычисленный по методу наименьших квадратов.

Формула /3/ дальнейшими исследованиями несколько преобразована и она имеет вид:

$$i = \frac{A + B \lg N}{(t+1)^n} \quad \ldots \quad (4)$$

Показатель степени n на основе обработки фактических материалов по Крыму и Кавказу получен равным 0.68-0.50, а для равнинной части Союза 0.67, т.е. 2/3. Для сохранения единого принципа по СССР нами принят также равным 0.67.

Как видно из формулы /4/, параметры А и В являются функцией i, t, p /p-повторяемость ливня/.

Впервые, на основе кропотливых разработок, параметры А и В для европейской территории СССР и Кавказа были вычислены З.П. Богомазовой и З.П.Петровой. Результаты исследований были ими опубликованы в 1941 г. Разумеется в тот период наблюдения над ливнями были недостаточны и качество материалов низкое. Поэтому ливневые параметры были определены лишь для ограниченного количества пунктов горных районов, а по Азербайджану всего по трем пунктам: Астара, Закаталы, Куткашен, Сами авторы, признавая низкое качество и недостаточность фактических материалов, значение ливневых параметров для этих пунктов считали приближенными. В практике гидрологических расчетов до сего времени из-за отсутствия других данных по Азербайджану значение этих параметров принимали за основу расчета максимальных расходов и вынуждено применяли их для любой части республики. В результате расчетные величины максимальных расходов или не оправдывали на практике, или не внушали доверия. В настоящее время мириться с этим положением нельзя, т.к. накопленные материалы наблюдений над ливнями позволяют расширить эти исследования и установить закономерность изменения интенсивности и частоты ливня, исходя из природных особенностей горной страны.

На примере Азербайджана и смежной с ней территории Армении вычислены новые значения параметров А и В для 29 пунктов, расположенных в различных физико-географических условиях.

Произведенными исследованиями установлено, что эти параметры также как и другие элементы природы в горных странах, изменяются в соответствии с вертикальной зональностью и экспозицией склонов. Поэтому применяемый принцип выбора значения параметров в горных странах по ближайшим пунктам на практике себя не оправдывает.

Анализ параметров А и В по территории Большого и Малого Кавказа в пределах Азербайджана позволил выявить наличие четырех зависимостей для А и трех зависимостей для В от высоты местности /рисунки I и II/.

В соответствии с экспозицией склонов происходит изменение ливневых параметров. Однако, темп изменения величин параметров на Большом и Малом Кавказе не одинаков и это объясняется главным образом направлением движения влагоносных ветров /таблица I/.

Таблица I.

Значения параметров А и В по высотным зонам.

Группа рек.	Параметры	Высотные зоны, м					
		200	500	I000	I500	2000	2400
Шахдаго-Карабахская.	А	I.65	3.05	4.20	3.95	3.I0	I.60
	В	4.00	3.80	3.35	2.95	2.60	2.25
Севано-Курдистано-Зангезурская	А	-	I,55	2.60	3.25	3.I0	I.60
	В	-	3.80	3.35	2.95	2.60	2.25
Южный склон Большого Кавказа	А	3.00	4.00	4,45	4.60	4.65	4.70
	В	4.95	4.85	4.75	4.60	4.45	4.35
Северный склон Большого Кавказа	А	2.75	2.80	2,60	2.35	2.00	I.70
	В	3.65	3.35	2.80	2.25	I.70	I.35

В Ленкоранской природной области режим ливневых параметров носит более сложный характер, обусловленный орографическими условиями этой области. Малочисленность пунктов с плювиографами не и позволяет выявить эту закономерность для этой территории.

Произведенные исследования позволяют притти к следующим выводам:

I. В практике гидрологических расчетов применение в настоящее время параметров силы ливня, рекомендованных в I94I году себя не оправдывает. Накопленные материалы и наблюдения над ливнями позволяют расширить эти исследования и установить закономерность изменения интенсивности и частоты ливня, исходя из природных особенностей горной страны.

2. Существующая рекомендация о принятии значения параметров силы ливня по ближайшим путям в горных странах себя не оправдывает. Это положение может считаться справедливым лишь для низменной части территории, в пределах репрезентативности пункта для данной территории.

3. Значения параметров силы ливня в горных странах изменяются в соответствии с высотой местности и экспозицией склонов горных хребтов. Поэтому выбор параметров должен быть произведен в соответствии с закономерностями изменения параметров от названных условий.

4. На современном этапе вопрос картирования параметров силы ливня для горных территорий является преждевременным.

В расчетах максимальных расходов немаловажную роль играет параметр, именуемый формой гидрографа . формы гидрографа находится в тесной взаимосвязи с характером паводка.

К исследованиям формы гидрографа на примере рек Северо-восточной части Малого Кавказа мы приступили в 1960 г.С этой целью на реке Ахынджачай /низкорасположенный водосбор/ был организован водомерный пост, где в период прохождения паводков производились учащенные наблюдения над ходом уровня паводка.

Обработка материалов исследований позволяет установить наличие двух форм гидрографов. В большинстве случаев они имеют форму треугольника, а в редких-прямоугольника. Прямоугольные гидрографы появляются на фоне основного паводка, в период прохождения которого выпадали менее интенсивные дожди.Пики этих паводков пологие, а амплитуда уровней незначительна.

В треугольных формах гидрографов подъёмы уровней происходят резко, амплитуда их большая /до 1 м/.

Коэффициент формы гидрографа зависит как от характера кривого подъёма / m / и спада / n /, так и от соотношения γ / периода подъёма к спаду, т.е.

$$f = \frac{(m+1)(n+1)}{(m+1)+\gamma(n+1)} \qquad (5)$$

В прямоугольных формах гидрографа m и n равняется единице, В таком случае

$$f = \frac{2 \cdot 2}{2+2\gamma}$$

По опытным данным для Советского Союза установлено,что для малых рек и логов с незначительным регулирующим влиянием $\gamma = 2.00$, для большинства средних и больших рек без значительной поймы $\gamma = 2.5$-3.0 и для больших рек лесной зоны со значительным подземным стоком и для рек остальных зон с широкими поймами $\gamma = 4.0$.

Наблюдения, произведенные на Ахынджачай показывают,что изменения значения зависит от продолжительности подъёма испада волны.

Так, например, для первого паводка, имевшего место I.IУ с 7 ч.00 до 2.УI - 2I ч.00 /амплитуда 69 см/ $\gamma = 5.0$. Для второго паводка с 4.УI /I7 ч/ до 5.УI /5 ч./ $\gamma = 4.0$, для третьего паводка с I0.УI /I9 ч./ до II.УI /I9 ч/ $\gamma = 5.5$.

Таким образом, для трех летних паводков при треугольной форме гидрографа среднее значение $\gamma = 4.0$.

Иными словами, значение γ для Ахынджачай равно значениям γ , установленным по опытным данным для больших рек.Основной причиной этого являются особенности геологического строения /преобладание трещиноватых пород/ и почти сплошная лесистость области формирования стока р.Ахынджачай,приводящая к естественному регулированию стока.

Приняв значение $\gamma = 5.0$ для весенне-летних паводков рек с низкорасположенными водосборами области северо-восточной части малого Кавказа, можно рекомендовать $f = 0.33$.

Осенней экспедицией I960 г.было установлено,что независимо от амплитуды уровня паводка гидрографы осенних паводков также, как и весенне-летних имеют треугольную форму. В отличие от весенне-летних, спад осенних паводков /хотя и маломощных/ носит более затяжной характер. Вследствие этого при значениях " m " и " n " равных единице, γ для паводка I0-I2 октября

составляет 2.70, а для 21-23 октября - 1.50. Среднее значение для осенних паводков может быть принято равным 2.20.

Отсюда коэффициент формы гидрографов осенних паводков составляет 0.62, т.е. он в два раза превышает значение f весенне-летних паводков.

Таким образом для генетически разных паводков весенне-летних и осенних - принятие одного значения, коэффициента формы гидрографа /как это делалось до сих пор/ - неверно. Поскольку годовые максимумы расходов падают на весенне-летний период, необходимо к подбору f подойти дифференцированно. Возможны случаи, когда наибольший годовой расход может наблюдаться осенью. Форма гидрографа этого паводка очевидно будет аналогична весенне-летней. В последнем случае коэффициент формы паводка может быть принят, как весенне-летний. Последующими исследованиями это предположение должно быть специально изучено.

Таблица I

Значения параметров А и В по высотным зонам

Группа рек	Параметры	Высотные зоны, м					
		200	500	I000	I500	2000	2400
Нахдаго-Карабахская	А	I.65	3.05	4.20	3.95	3.I0	I.60
	В	4.00	3 .80	3.35	2.95	2.60	2.25
Севано-Курдистано-Зангезурская	А	-	I.55	2.60	3.25	3.I0	I.60
	В	-	3.80	3.35	2.95	2.60	2.25
Южный склон Большого Кавказа	А	3.90	4.00	4.45	4.60	4.65	4.70
	В	4.95	4.85	4.75	4.60	4.45	4.35
Северный склон большого Кавказа	А	2.75	2.80	2.60	2.35	2.00	I.70
	В	3.65	3.35	2.80	2.25	I.70	I.35

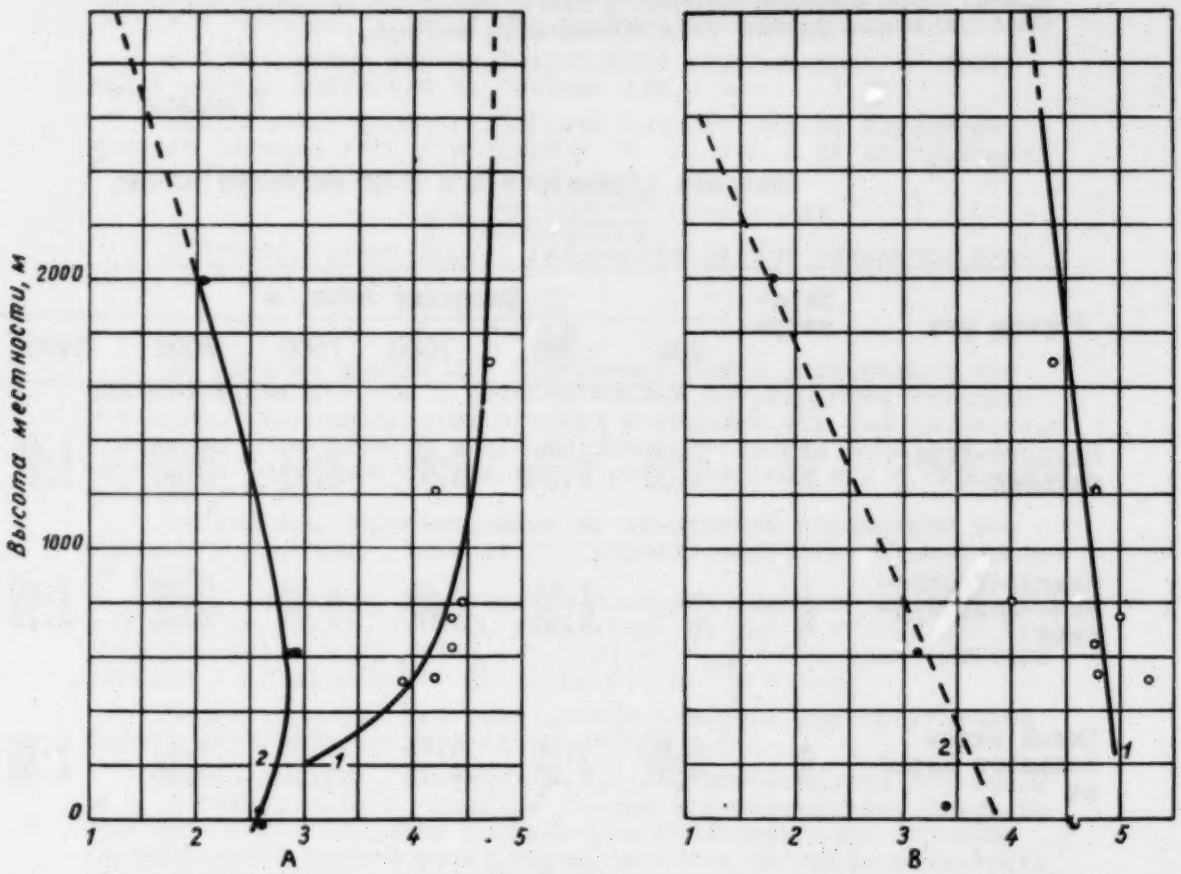

Рис. I. Зависимость параметров силы ливня к формуле $S = A + B \lg N$ от высоты местности в области Б. Кавказа

• 1 - южный склон Главного Кавказского хребта; • 2 - северный склон Главного Кавказского хребта.

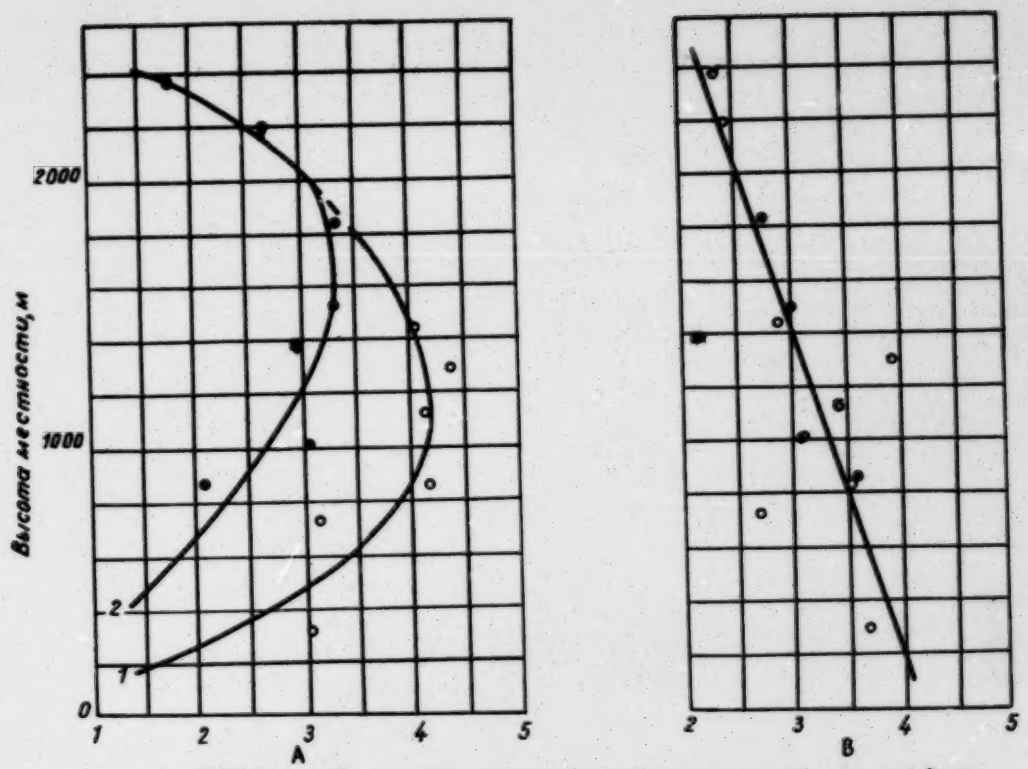

Рис. II. Зависимость параметров силы ливня к формуле $S = A + B \lg N$ от высоты местности в области Малого Кавказа

• 1- реки Шахдаг-Карабахской зоны; • 2- реки Севан-Курдистанско-Зангезурской зоны.

1535 R - Nov.1962 - 600